

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

3.1.1 Umum

Fungsi dari perkerasan jalan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara cukup, aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang cukup berarti. Bahan perkerasan jalan adalah bahan-bahan yang dihampar di atas permukaan tanah dasar. Bahan perkerasan jalan ini meliputi bahan-bahan untuk jenis pondasi bawah (*sub base course*), lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis permukaan (*surface*). Banyaknya kerusakan jalan yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh kurang cermatnya pembuatan lapis perkerasan jalan, pengerasan aspal akibat pemanasan atau oksidasi, sehingga aspal kehilangan sebagian komponen ringan (*volatile*) sehingga lebih getas, mudah retak, kurang awet, ditambah lagi dengan beban kendaraan yang tidak sesuai dengan kelas jalan sehingga memperpendek umur rencana jalan. Agar jalan tidak mengalami kerusakan akibat faktor di atas maka dibutuhkan suatu konstruksi perkerasan jalan yang mampu menahan beban lalu lintas yang sesuai klasifikasinya. Kestabilan dari perkerasan dapat diketahui dengan mencari faktor-faktor yang dapat merusak perkerasan itu sendiri. Adapun faktor yang paling dominan terhadap penuaan yaitu perubahan temperatur (suhu) dan pengaruh air pada campuran beraspal.

3.2 Penuaan (*Ageing*)

Penuaan adalah suatu proses perubahan karakteristik campuran beraspal berupa pengerasan aspal yang diakibatkan oksidasi. Oksidasi terjadi mulai dari proses produksi aspal, proses pengangkutan / proses konstruksi sampai pada proses pelayanan. Pada proses-proses tersebut campuran beraspal mengalami pemanasan baik oleh matahari atau karena pemanasan untuk pengenceran aspal pada proses produksi dan konstruksi. Pemanasan yang berlangsung akan berpengaruh pada aspal karena ada bagian aspal yang menguap dan itu dapat mengubah karakteristik aspal sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas (Millard, 1993).

Proses penuaan dibagi menjadi dua tahap sebagai berikut ini :

1. Penuaan jangka pendek (*short-term ageing*)

Penuaan jangka pendek terjadi pada proses produksi, proses pengangkutan sampai proses konstruksi. Dalam fase-fase tersebut dilakukan pemanasan untuk mencairkan aspal dan hal ini akan mengubah komposisi aspal tersebut, karena sejumlah komponen cair aspal akan menguap.

Brown & Scholz (2000) menemukan bahwa campuran beraspal yang disimpan dalam keadaan lepas (di laboratorium) pada suhu 135 °C selama 2 jam akan meningkatkan kekakuan sebesar 9-24% dari campuran beraspal yang langsung dipadatkan tanpa proses penyimpanan. Peningkatan tersebut kurang lebih setara dengan nilai kekakuan sejumlah benda uji campuran beraspal yang diambil dari lapangan. Oleh karena,

kelompok benda uji yang diperoleh di lapangan telah mengalami proses penuaan selama proses produksi, pengangkutan dan pelaksanaan maka disimpulkan bahwa benda uji campuran beraspal yang disimpan dulu dalam kondisi lepas pada suhu 135°C selama 2 jam telah mengalami proses penuaan seperti halnya contoh benda uji campuran beraspal yang mengalami proses penuaan jangka pendek untuk dapat disimulasikan di laboratorium.

2. Penuaan jangka panjang (*long-term ageing*)

Penuaan jangka panjang terjadi selama masa pelayanan jalan. Dalam periode ini campuran beraspal mengalami pemanasan yang terus-menerus karena sinar matahari. Campuran beraspal juga mengalami oksidasi dan reaksi dengan air hujan yang menyebabkan aspal tergenang dalam air.

Brown & Scholz (2000) juga mengambil contoh lapangan campuran beraspal dari sejumlah perkerasan lentur yang telah dikenal memiliki kinerja baik selama kira-kira 15 tahun. Selama umur pelayanan tersebut, campuran aspal tersebut telah mengalami penuaan jangka panjang terutama yang diakibatkan oleh faktor lingkungan. Kelompok benda uji tersebut kemudian diukur nilai kekakuannya. Ternyata, interval nilai modulus yang hampir sama juga dapat diperoleh dari campuran beraspal sejenis yang baru dibuat namun kemudian lebih dulu disimpan dalam oven selama 120 jam pada suhu 85°C. Oleh karena itu, maka Brown

& Scholz (2000) mengusulkan cara tersebut sebagai metode laboratorium untuk mensimulasikan proses penuaan jangka panjang di lapangan.

3.3 Beton Aspal

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapisan perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, karena sering dicampur dalam keadaan panas maka sering disebut *hot mix* (Silvia Sukirman, 1999)

Beton aspal merupakan lapisan pada konstruksi yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu yang mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a. Sebagai pendukung beban lalu lintas
- b. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
- c. Sebagai lapis aus.
- d. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

3.3.1 Karakteristik Campuran

Menurut Silvia Sukirman (1999), karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal campuran panas adalah :

1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang alur atau *bleeding*.

2. Durabilitas

Durabilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

3. Fleksibilitas

Fleksibilitas adalah suatu kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

4. Tahanan gesek

Tahanan gesek adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan ini dinyatakan sebagai koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan.

5. Kelelahan plastis

Merupakan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beton aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas

runtuh dan dinyatakan dalam satuan panjang. Nilai kelelahan plastis diuji bersamaan dengan pengujian stabilitas.

6. Kemudahan dalam pelaksanaan

Kemudahan dalam pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar kemudian dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan sesuai yang diharapkan (spesifikasi).

3.4 Bahan Perkerasan

Secara prinsip bahan penyusun perkerasan lentur adalah agregat, filler dan aspal. Bahan-bahan tersebut harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan Bina Marga. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kegagalan konstruksi yang disebabkan oleh bahan.

3.4.1 Aspal

Menurut Sartono, W. (1990), kadar aspal dalam campuran akan berpengaruh banyak terhadap karakteristik perkerasan. Kadar aspal yang rendah akan menghasilkan suatu perkerasan yang rapuh, yang akan menyebabkan *raveling* akibat beban lalu lintas sebaiknya kadar aspal yang terlalu tinggi akan menghasilkan suatu perkerasan yang tidak stabil.

Kepekaan terhadap temperatur dari aspal ditunjukkan oleh perubahan konsistensinya (penetrasi atau *viscositas*) dari aspal akibat perubahan temperatur. Aspal yang memiliki kepekaan terhadap temperatur tinggi akan menghasilkan lapisan perkerasan yang stabil pada temperatur tinggi. Aspal dengan kepekaan

temperatur rendah kemungkinan terjadinya retak-retak sangat kecil dan tidak menjadi lunak pada suhu tinggi, sehingga akan menghasilkan konstruksi lapis keras dengan stabilitas tinggi.

Aspal digunakan sebagai bahan ikat dan pengisi rongga antar batuan pada campuran beton aspal. Sifat-sifat aspal akan sangat berpengaruh terhadap karakteristik campuran perkerasan.

- a. Sifat *thermoplastik* aspal adalah bahan *thermoplastik* berubah sesuai dengan perubahan temperatur. Pada temperatur tinggi, viscositas aspal rendah (aspal lebih cair), aspal memiliki daya lekat tinggi dan mampu mengisi rongga antar batuan secara merata, akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan merusak sifat-sifat aspal, sehingga aspal akan lebih cepat mengeras. Sebaliknya bila pemanasan kurang, aspal bersifat kental yang akan menyebabkan aspal tidak menyelimuti batuan secara merata.
- b. Sifat keawetan (*durabilitas*). Sifat keawetan aspal didasarkan pada daya tahannya untuk tetap mempertahankan sifat aslinya apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca dan pembebanan lalu lintas. Sifat keawetan dari aspal yang utama adalah daya tahannya terhadap pengerasan.
- c. *Rheology*, yaitu sifat aspal dimana hubungan antar tegangan dan regangannya dipengaruhi oleh waktu, sifat ini akan berpengaruh terhadap nilai modulus kekakuan campuran, yang diwujudkan dalam bentuk waktu pembebanan (*time of loading*)

Persyaratan aspal setelah mengalami proses penuaan (Thin Film Oven Test) harus memenuhi syarat yang telah ditetapkan Bina Marga dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Persyaratan pemeriksaan Thin Film Oven Test

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
			Pen 60		Pen 80		
			Min	Max	Min	Max	
1.	Penetrasi (25°C ± 5 s)	PA. 0301-76	60	79	80	99	0,1 mm
2.	Titik Lembek (Ring Ball)	PA. 0302-76	48	58	46	54	°C
3.	Titik Nyala (cle. Open cup)	PA. 0303-76	200	-	255	-	°C
4.	Kehilangan Berat (163°C± 5 h) (TFOT)	*)	-	0,8	-	0,1	% berat
5.	Kelarutan (C2HCL3)	PA. 0305-76	99	-	99	-	% berat
6.	Daktalitas (25°C, 5 cm/menit)	PA. 0306-76	100	-	100	-	cm
7.	Penetrasi Setelah TFOT *)	PA. 0301-76	54	-	50	-	% semula
8.	Daktalitas Setelah TFOT *)	PA. 0306-76	50	-	75	-	cm
9.	Berat Jenis (25°C)	PA. 0307-76	1	-	1	-	

Sumber : Bina Marga 1983, *) AASHTO 1998

3.4.2 Agregat

Agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang digunakan sebagai bahan penyusun utama perkerasan jalan. Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi banyak faktor (Kerb and Walker, 1971). Faktor yang mempengaruhinya yaitu : ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan bentuk, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal, kebersihan dan sifat kimiawi.

a. Ukuran

The Asphalt Institute, 1983 mengelompokkan agregat menjadi 4 fraksi, yaitu

1. Agregat kasar, batuan yang tertahan saringan no. 8 (2,36 mm)
2. Agregat halus, batuan yang lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 30 (0.59 mm).

3. Mineral pengisi, batuan yang lolos saringan No. 30 dan tertahan saringan No. 200 (0,074 mm).
4. Filler mineral debu (*dust*), fraksi agregat halus yang lolos saringan No. 200.

b. Gradasi

Gradasi adalah persentase pembagian ukuran butiran agregat yang digunakan dalam suatu konstruksi perkerasan jalan maupun konstruksi beton. Gradasi dibedakan menjadi 3 macam (Kerb and Walker, 1971), yaitu

1. *Well graded*, disebut juga gradasi menerus atau gradasi rapat adalah gradasi yang mempunyai ukuran butir dari yang terbesar sampai ukuran butir yang terkecil dengan tujuan untuk menghasilkan suatu campuran perkerasan dengan bahan pengikat aspal yang memiliki stabilitas tinggi.
2. *Gap graded*, disebut juga gradasi senjang/gradasi timpang yang dalam distribusi ukuran butiranya tidak mempunyai salah satu atau beberapa butiran dengan ukuran tertentu (tidak menerus).
3. *Uniform size*, disebut juga gradasi seragam, adalah gradasi yang dalam butiranya mengandung butiran yang ukurannya hampir sama.

Sebagai bahan penyusun campuran, agregat harus memenuhi syarat yang telah ditetapkan Bina Marga. Persyaratan agregat dapat dilihat pada tabel 3.3 dan tabel 3.4 di bawah ini :

Tabel 3.3 Persyaratan agregat kasar

No	Jenis pemeriksaan	Syarat
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	<40 %
2	Kelekatan terhadap aspal	<95 %
3	Peresapan agregat terhadap air	<3 %
4	Berat jenis semu	≥2,5

Sumber : Ditjen Bina Marga, Laston 378/KPTS/1978

Tabel 3.4 Persyaratan agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	Nilai sand equivalent	>50 %
2	Peresapan agregat terhadap air	<3 %
3	Berat jenis	≥2,5

Sumber : Ditjen Bina Marga, Laston 378 KPTS/1978

Spesifikasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut ini. Spesifikasi campuran agregat untuk HRS-B seperti pada tabel 3.5 dan persyaratan untuk HRS-B diperlihatkan pada tabel 3.6.

Tabel 3.5 Spesifikasi Campuran Agregat untuk HRS B

No.	Ukuran Saringan	(%) Berat Lolos Saringan
1	¼ in (19,1 mm)	97-100
2	½ in (12,7 mm)	70-100
3	¾ in (9,52 mm)	58-80
4	#4	50-60
5	#8	46-60
6	#30	16-60
7	#50	10-48
8	#100	3-26
9	#200	2-8

Sumber : Central Quality Control and Monitoring Unit (CQCMU) 1988

Tabel 3.6. Persyaratan HRS B

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Jumlah tumbukan	75 x 2
2	Rongga udara	3-6%
3	Tebal film aspal	8 um
4	<i>Marshall Quotient</i>	1,8-5,0 kN/mm
5	Stabilitas	550-1250 kg
6	Flow	2-4 mm

Sumber : *Central Quality Control and Monitoring Unit (CQCMU) 1988*

3.5 Karakteristik *Marshall*

Salah satu Karakteristik *Marshall* yang penting adalah stabilitas. Nilai stabilitas campuran sangat penting dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* antara partikel agregat.

Nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan beton aspal terlalu kaku, mudah mengalami retak bila menerima beban. Sebaliknya bila nilai stabilitas rendah beton aspal akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalu lintas. Bina Marga (1983) maupun AASHTO (1998) memberikan persyaratan nilai stabilitas beton aspal untuk lalu lintas berat minimal 550 kg. Menurut *The Asphalt Institute, MS-2* (1984) stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi adanya deformasi permanen. Dalam pemeriksaan *Marshall* ditunjukkan oleh beban maksimum yang dapat didukung benda uji pada suhu 140°F dengan kecepatan pembebanan 2 inch per menit. Selain nilai stabilitas, parameter lain yang dapat diperoleh dari pengujian *Marshall* adalah kepadatan campuran (*density*), VITM (*voids in the mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), *flow* dan *Mashall Quotient* (MQ).

Density adalah tingkat kerapatan campuran dipadatkan. *Density* dipengaruhi oleh gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, kadar aspal, kekentalan aspal, jumlah dan suhu pemadatan.

Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya deformasi vertikal dari campuran akibat beban yang bekerja padanya mulai awal pembebanan sampai kondisi kestabilan menurun. Pengukuran nilai *flow* dilakukan bersamaan dengan pengukuran stabilitas *Marshall*.

VFWA (*Void Filled With Asphalt*) adalah persentase rongga dalam agregat padat yang terisi aspal. VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aspal naik kepermukaan pada campuran bersifat porus dan mudah teroksidasi (Robert et al, 1991).

VITM (*Void In The Mix*) adalah persentase rongga udara yang ada terhadap volume pada suatu campuran. VITM sama artinya dengan porositas dan nilainya akan berkurang dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran karena rongga antar butir agregat akan terisi aspal (Robert et al, 1991).

VMA (*Void in Mineral Aggregates*) adalah rongga udara yang ada diantara partikel agregat dalam campuran yang sudah dipadatkan. VMA yang besar akan menyebabkan film aspal tebal sehingga mempunyai durabilitas yang tinggi. VMA juga dipengaruhi oleh gradasi campuran yang dipergunakan (*The Asphalt Institute, ES-1, 1983*).

Selanjutnya nilai-nilai yang diperoleh dibandingkan dengan spesifikasi teknis seperti pada tabel 3.7

Tabel 3.7. Persyaratan Kualitas *Marshall* campuran

No	Karakteristik	Persyaratan
1	Density (gr/cc)	-
2	VMA (%)	16
3	VFWA (%)	≥65
4	VITM	3 – 5
5	Stabilitas (kg)	≥800
6	Flow (mm)	≥2
7	MQ (kg/mm)	200 - 500

Sumber : Bina Marga (IRE, 1998)

3.6 *Marshall Rendaman (Immersion Test)*

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam dengan pengujian *Immersion* (S1) yang dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran biasa (S2).

$$\text{Index of retained strength} = (S_1/S_2) \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dengan : S₁ = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

S₂ = Stabilitas sebelum rendaman

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan 75%, campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup memuaskan dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu dan cuaca.

3.7 Pengujian *Hveem Stabilometer*

Pengujian *Hveem Stabilometer* dilakukan untuk mengetahui indikasi besaran deformasi plastis yang terjadi pada campuran perkerasan. *Hveem Stabilometer* itu sendiri adalah alat uji triaksial yang digunakan untuk menentukan stabilitas campuran aspal untuk perkerasan, tanah dan bahan-bahan semi plastis atau plastis lainnya. Alat ini dikembangkan oleh *Francis Hveem* ketika masih di *California Division of Highways*. Pengujian *Hveem Stabilometer* dikembangkan untuk mengukur kombinasi beban lalu lintas frekuentif, terulang dalam periode waktu yang lama. Hasil pengujian ini dipergunakan untuk mengetahui jumlah maksimum aspal pengikat yang dapat digunakan tanpa mengakibatkan ketidakstabilan. *Hveem Stabilometer* juga mengukur tekanan lateral yang diteruskan melalui benda uji dari beban vertikal yang diterapkan dengan tekanan lateral atau horizontal dipergunakan untuk menentukan sebuah indeks pada range skala 0-100 yang menunjukkan kemampuan material atau bahan yang di uji untuk menahan deformasi, adapun batas minimum persyaratan nilai *Stabilometer* ≥ 37 (ASTM D-1560, D-2844, AASHTO T-190).

Nilai *Hveem Stabilometer* mengidentifikasikan besarnya stabilitas campuran. Deformasi yang terjadi pada perkerasan lentur banyak ditentukan oleh stabilitas campuran. Kekuatan perkerasan lentur dalam menahan deformasi yang terjadi sebagai akibat dari beban yang melewati perkerasan ditentukan oleh stabilitas.

Nilai *Hveem Stabilometer* dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$S = \frac{222}{\left[\frac{P_h \times D}{P_v - P_h} \right] - 0.222} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

S = Nilai Stabilometer,

Ph = Tekanan horizontal, untuk disesuaikan dengan Pv (kPa)

Pv = Tekanan Vertikal, khususnya pada 400 psi (2800 kPa),
yang diaplikasikan ketika beban vertikal sebesar 5000 lbf
(22,3 kN),

D = Penurunan benda uji.

Hveem Stabilometer juga menitik beratkan pada analisa kepadatan atau rongga dan stabilitas. Dari metode ini juga ditentukan ketahanan campuran akibat pengaruh air selama proses pemeraman. *Hveem Stabilometer* mempunyai dua keuntungan, yaitu dapat menggambarkan proses pemadatan perkerasan yang sebenarnya dan dapat mengukur kemampuan benda uji menahan deformasi lateral dari beban vertikal yang diberikan.